

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2006 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

07778941      \*\*Image available\*\*

ORGANIC EL ELEMENT AND ORGANIC EL PANEL

PUB. NO.:            2003-272855 [JP 2003272855 A]

PUBLISHED:        September 26, 2003 (20030926)

INVENTOR(s):      KIMURA HIROSHI

APPLICANT(s):     FUJI ELECTRIC CO LTD

APPL. NO.:        2002-074993 [JP 200274993]

FILED:             March 18, 2002 (20020318)

INTL CLASS:       H05B-033/14; H05B-033/02; H05B-033/12; H05B-033/26

#### ABSTRACT

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an organic EL element capable of improving contrast and external quantum efficiency without deterioration of brightness, and to provide an organic EL panel using the same.

**SOLUTION:** A transparent conductive film made of either  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ , or  $\text{SnO}_2$  is formed on the light emitting layer side surface of a metal electrode of the organic EL element. It is made so that the light reflected at the metal electrode is strengthened by interfering between each other in the element by setting the film thickness of the transparent conductive film so as to fulfill the formula on condition that  $L$  is an optical length between the organic light emitting layer and the metal electrode,  $\lambda$  is the wavelength of emitted light. By the above, the organic EL element, capable of improving contrast and external quantum efficiency without deterioration of brightness, is provided.

**COPYRIGHT:** (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-272855

(P 2 0 0 3 - 2 7 2 8 5 5 A)

(43) 公開日 平成15年9月26日(2003.9.26)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
H05B 33/14		H05B 33/14	A 3K007
33/02		33/02	
33/12		33/12	E
33/26		33/26	Z

審査請求 有 請求項の数10 O L (全6頁)

(21) 出願番号 特願2002-74993(P 2002-74993)

(22) 出願日 平成14年3月18日(2002.3.18)

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 木村 浩

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外2名)

Fターム(参考) 3K007 AB04 AB17 BB06 CB01 CB04  
CC01 DB03

(54) 【発明の名称】 有機EL素子および有機ELパネル

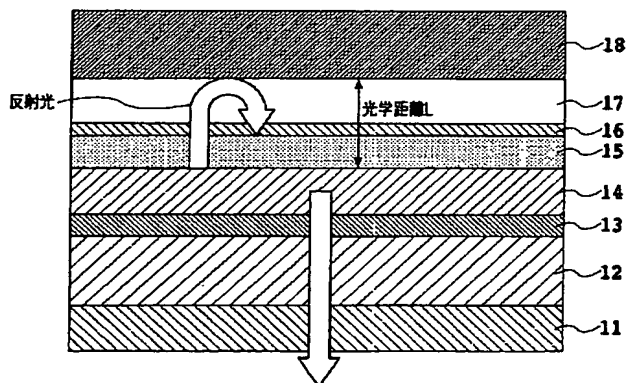
(57) 【要約】

【課題】 輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機EL素子およびこれを用いた有機ELパネルを提供すること。

【解決手段】 有機EL素子の金属電極の発光層側の面に、 $\text{In}_2\text{O}_3-\text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3-\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ のいずれかからなる透明導電膜を設け、この透明導電膜の膜厚を、 $L$ を有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$ を発光波長として、次式を満足するように設定して金属電極で反射される光が素子内で干渉して強め合うこととしたので、輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機EL素子を提供することが可能となる。

【数1】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機EL発光部を備えた有機EL素子であって、

前記金属電極の有機EL発光部側の面に透明導電膜が設けられており、

該透明導電膜の膜厚が、 $L$ を前記有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$ を前記有機発光層の発光波長として、次式を満足するように設定されていることを特徴とする有機EL素子。

【数1】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,...)$$

【請求項2】 金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機EL発光部を備えた有機EL素子であって、

前記金属電極の有機EL発光部側の面に透明導電膜が設けられており、

前記有機EL発光層の発光波長と異なる波長の光を、前記金属電極、又は／及び、前記透明導電膜に吸収させ、前記有機EL発光層から発光される波長の光のみを前記透明電極から射出させることを特徴とする有機EL素子。

【請求項3】 金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機EL発光部を備えた有機EL素子であって、

前記金属電極の有機EL発光部側の面に透明導電膜が設けられており、

該透明導電膜の膜厚が、 $L$ を前記有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$ を前記有機発光層の発光波長として、次式を満足するように設定されており、

【数2】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,...)$$

前記有機EL発光層の発光波長と異なる波長の光を、前記金属電極、又は／及び、前記透明導電膜に吸収させ、前記有機EL発光層から発光される波長の光のみを前記透明電極から射出させることを特徴とする有機EL素子。

【請求項4】 前記透明導電膜の材質は、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ のいずれかであることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の有機EL素子。

【請求項5】 前記透明導電膜は不純物添加され、前記有機EL発光層から発光される光の色と同じ色に着色されたものであることを特徴とする請求項2または3に記載の有機EL素子。

【請求項6】 前記有機EL発光層は青色の光を発光し、

前記透明導電膜は、 $\text{CuO}$ 、 $\text{Co}$ 、または、 $\text{Ti}$ のい

れかの不純物を1%以下の濃度で含有する、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ のいずれかの材質で構成されており、

該透明導電膜が青色の光を吸収することを特徴とする請求項5に記載の有機EL素子。

【請求項7】 前記有機EL発光層は青色の光を発光し、

前記金属電極は、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Cr}$ 、または、これらの金属の合金からなり、該金属電極が青色の光を吸収することを特徴とする請求項2、3、6のいずれかに記載の有機EL素子。

【請求項8】 請求項1乃至5いずれかに記載の有機EL素子を備えることを特徴とするモノクロパネルまたはエリアカラーパネル。

【請求項9】 請求項6に記載の有機EL素子と、青色単色のバックライトと、色変換フィルタとを備え、前記有機EL素子の前記透明導電膜に青色以外の光を吸収させ、

前記金属電極で前記バックライトからの青色単色光のみを反射させることを特徴とする色変換方式カラーパネル。

【請求項10】 請求項7に記載の有機EL素子と、青色単色のバックライトと、色変換フィルタとを備え、前記金属電極に青色以外の光を吸収させ、前記バックライトからの青色単色光のみを反射させることを特徴とする色変換方式カラーパネル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、有機EL素子および有機ELパネルに関し、より詳細には、輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機EL素子およびこれを用いた有機ELパネルに関する。

【0002】

【従来の技術】1987年にTangにより2層積層構造のデバイスで高い効率の有機EL素子が発表されて以来(C. W. Tang et al., Appl. Phys. Lett. 51, 913 (1987))、これまでに様々な有機EL素子が開発され、その一部は既に実用化されるに至っている。

【0003】図4は、従来の有機EL素子の構造を説明するための図で、陽極の透明電極41の上に、正孔輸送層42と、正孔注入層43と、発光層44と、電子輸送層45と、電子注入層46とが順次積層され、電子注入層46の上に陰極である金属電極47が設けられて素子を構成している。

【0004】図4に示した構成の有機ELの量子効率は以下のように考えられている。まず、陽極と陰極から到達した正孔と電子とが発光層内で電子-正孔対を形成して発光性の励起子となるが、この発光性励起子の生成確

率は約 25% である。一方、発光層内で生成した光を素子の外部へ取り出す効率は、 $n$  を発光層の屈折率として、次式で与えられる。

【0005】

【数 3】

$$\chi = \frac{1}{2n^2} \quad (1)$$

【0006】一般的な発光層の屈折率は 1.6 であるので、この外部取出効率は約 20% となる。従って、理論的な外部量子効率の限界は、発光性励起子の生成確率 (約 25%) と外部取出効率 (約 20%) との積で与えられ約 5% となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、実際の有機 EL 素子の外部量子効率はこの理論値の 6 割程度である約 3% と低く、このため、一定の輝度の光を外部に取り出すために素子に流す電流を大きくすると、輝度の劣化が進行してしまうことに加え、消費電力を増大させてしまうという問題が生じてしまう。

【0008】また、実際のパネルでは、外光により表示が見にくくなるコントラストの問題が実用上問題になっている。このようなコントラスト低下は、金属電極が外光を反射させることが一因に挙げられる。

【0009】本発明は、この問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機 EL 素子およびこれを用いた有機 EL パネルを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、この問題を解決するために、請求項 1 に記載の発明は、金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機 EL 発光部を備えた有機 EL 素子であって、前記金属電極の有機 EL 発光部側の面に透明導電膜が設けられており、該透明導電膜の膜厚が、 $L$  を前記有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$  を前記有機発光層の発光波長として、次式を満足するように設定されていることを特徴とする。

【0011】

【数 4】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,\dots)$$

【0012】また、請求項 2 に記載の発明は、金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機 EL 発光部を備えた有機 EL 素子であって、前記金属電極の有機 EL 発光部側の面に透明導電膜が設けられており、前記有機 EL 発光層の発光波長と異なる波長の光を、前記金属電極、又は/及び、前記透明導電膜に吸収させ、前記有機 EL 発光層から発光される波長の光のみを前記透明電極から射出させることを特徴とする。

【0013】また、請求項 3 に記載の発明は、金属電極と透明電極との間に、有機発光層を含む有機 EL 発光部を備えた有機 EL 素子であって、前記金属電極の有機 EL 発光部側の面に透明導電膜が設けられており、該透明導電膜の膜厚が、 $L$  を前記有機発光層から前記金属電極までの光学的距離、 $\lambda$  を前記有機発光層の発光波長として、次式を満足するように設定されており、

【0014】

【数 5】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,\dots)$$

【0015】前記有機 EL 発光層の発光波長と異なる波長の光を、前記金属電極、又は/及び、前記透明導電膜に吸収させ、前記有機 EL 発光層から発光される波長の光のみを前記透明電極から射出させることを特徴とする。

【0016】また、請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の有機 EL 素子において、前記透明導電膜の材質は、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$  のいずれかであることを特徴とする。

【0017】また、請求項 5 に記載の発明は、請求項 2 または 3 に記載の有機 EL 素子において、前記透明導電膜は不純物添加され、前記有機 EL 発光層から発光される光の色と同じ色に着色されたものであることを特徴とする。

【0018】また、請求項 6 に記載の発明は、請求項 5 に記載の有機 EL 素子において、前記有機 EL 発光層は青色の光を発光し、前記透明導電膜は、 $\text{CuO}$ 、 $\text{Co}$ 、または、 $\text{Ti}$  のいずれかの不純物を 1% 以下の濃度で含有する、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$ 、 $\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$  のいずれかの材質で構成されており、該透明導電膜が青色の光を吸収することを特徴とする。

【0019】また、請求項 7 に記載の発明は、請求項 2、3、6 のいずれかに記載の有機 EL 素子において、前記有機 EL 発光層は青色の光を発光し、前記金属電極は、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{Cr}$ 、または、これらの金属の合金からなり、該金属電極が青色の光を吸収することを特徴とする。

40 【0020】また、請求項 8 に記載の発明は、モノクロパネルまたはエリアカラーパネルであって、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の有機 EL 素子を備えることを特徴とする。

【0021】また、請求項 9 に記載の発明は、色変換方式カラーパネルであって、請求項 6 に記載の有機 EL 素子と、青色単色のバックライトと、色変換フィルタとを備え、前記有機 EL 素子の前記透明導電膜に青色以外の光を吸収させ、前記金属電極で前記バックライトからの青色単色光のみを反射させることを特徴とする。

50 【0022】さらに、請求項 10 に記載の発明は、色変

換方式カラーパネルであって、請求項7に記載の有機EL素子と、青色単色のバックライトと、色変換フィルタとを備え、前記金属電極に青色以外の光を吸収させ、前記バックライトからの青色単色光のみを反射させることを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0024】図1は、基板上に形成される本発明の有機EL素子の構成例を説明するための図で、この有機EL素子は、有機発光層を含む複数の有機層で構成される有機EL発光部を備え、具体的には、陽極の透明電極11の上に、正孔輸送層12と、正孔注入層13と、発光層14と、電子輸送層15と、電子注入層16とが順次積層され、電子注入層16の上には透明導電膜17が備えられており、この透明導電膜17の上に陰極の金属層である金属電極18が設けられて構成されている。なお、本発明の有機EL素子を構成するにあたっては、ガラス基板は、陽極の透明電極11上、または、陰極の金属層である金属電極18上の何れに設けることとしてもよい。

【0025】発光層14から射出された光のうち正孔注入層13側に射出された光は、正孔注入層13および正孔輸送層12を透過して透明電極11から外部に取り出されるとともに、電子輸送層15側に射出された光は、電子輸送層15、電子注入層16、および、透明導電膜17を透過して金属電極18で反射されて素子内部に戻る。従って、この反射光を素子内部で減衰させることなく外部へと取り出すことができれば外部量子効率を向上させることが可能である。

【0026】すなわち、素子を構成する電子輸送層15、電子注入層16、および、透明導電膜17の各層の厚みを $d_i$  ( $i=1, 2, 3$ )、屈折率を $n_i$  ( $i=1, 2, 3$ )とすると、発光層14から金属電極18までの光学的距離 $L$ は、これらの各層の光学的距離の和である次式で与えられる。

【0027】

【数6】

$$L = \sum_i n_i d_i \quad (2)$$

【0028】金属電極18との透明導電膜17との界面で光が反射する際には光の位相が反転するので、光が素子内部で強め合うための条件は、光の波長を $\lambda$ として、

【0029】

【数7】

$$L = \frac{2n+1}{4} \lambda \quad (n=0,1,2,\dots) \quad (3)$$

【0030】となる。

【0031】金属電極18は陰極として用いられ、発光層14との間には電子輸送層15と電子注入層16と透

明導電膜17とが介在するから、これらの層が担う光学的距離を式(3)を満足するように設計すれば外部量子効率の向上が図られることとなる。

【0032】しかし、電子注入層16の厚みは0.5~1nm程度と薄くする必要があることに加え、電子輸送層15の厚みを厚くすると素子の輝度劣化が顕著になるという問題があるために、本発明の有機EL素子では、電子注入層16と金属電極18との間に透明導電膜17を設け、金属電極18で反射された光が上記の干渉条件を満足するように透明導電膜17の膜厚を設定して素子内部で光の強度が減衰することなく外部に光を取り出すことで外部量子効率を向上させることとしている。

【0033】このように透明導電膜17の膜厚を調節することで光学的距離を外部量子効率が最大となるように設定する方法は、単色のバックライトを用いて発光させるモノクロパネルやエリアカラーパネルはもとより、単色のバックライトから発せられる光を色変換層で受光させてRGBの発光に変換させる色変換法を採用するカラーパネルで特に有用である。

【0034】また、有機ELパネルの実用上の問題の一つに、外光によるコントラスト低下があり、この原因は、外部光が直接金属層で反射されることにあることが判明している。式(3)によれば、干渉により強められる波長の光は限定され、特定波長の光のみが反射されることとなるので、式(3)を満足しない波長の光の反射強度は減少し、本発明の有機EL素子がある有機ELパネルのコントラスト向上にも寄与することがわかる。

【0035】更にコントラストを改善させるためには、透明電極と金属層とを積層して反射層を構成し、この反射層のうちの透明電極層を発光色に着色して発光色以外は反射できない構造にすることや、金属層の材料を発光色以外は吸収する特性を持つ材料にすることが有効である。このためには、透明電極外に取り出すことが不要な波長の光を、透明電極と金属層との積層部で吸収させる方法と金属層材料に吸収させる方法が考えられる。なお、この場合、金属電極と発光層との間に介在する層の光学的距離が式(3)を満足するように各層を構成することが望ましいが、これに限定されるものではない。

【0036】特に、色変換方式カラーパネルでは、バックライトの青色であるので、反射金属としては、赤色に比べて青色の反射係数が大きい金属を用いることが有効であり、具体的には、Zn、Mo、Crを用いるとよい。また、透明電極の青色化法は、透明電極を構成する酸化物層に、CuO、Co、Tiを1%以下の量だけ添加等することで達成できる。

【0037】本発明の有機EL素子の構成は図1に示した構成の他、図2に示す構成であってもよい。

【0038】図2は、有機EL素子の下部電極を陽極とした場合の構造を説明するための図で、基板29上に、金属電極28と陽極の透明導電膜27と正孔注入層23

と正孔輸送層 22 と発光層 24 と電子輸送層 25 と電子注入層 26 と陰極の透明電極 21 とを順次積層した構成とされている。ここで、電子注入層 26 と陰極の透明電極 21 部分の構成は、電子注入層 26 を、アルカリ、アルカリ土類金属の酸化物、フッ化物、ホウ化物、塩化物の極薄膜で形成し、この上に、Al 等の金属の極薄膜を堆積させ、更にその上に  $\text{In}_2\text{O}_3$  - ZnO 酸化層 (IZO) を設ける構造や、あるいは、電子注入層 26 に直接 IZO などの透明酸化物からなる透明電極 21 を堆積させる構成が考えられる。

【0039】なお、本発明は、図 1 及び図 2 に示した層構造の有機 EL 素子の他、例えば、正孔輸送層を備えない構成などの従来の有機 EL 素子構成として提案されているすべての有機 EL 素子に適用が可能である。

【0040】〔実施例 1〕図 3 は、本発明の有機 EL 素子を用いて構成した色変換方式カラーパネルの断面図である。TFT 302 を備える基板 301 上に、反射金属としての金属電極 303 として Cr (5 nm) / Pt (100 nm) を堆積させ、更にその上に、陽極である透明導電膜 304 として  $\text{In}_2\text{O}_3$  - ZnO 酸化層 (IZO: 屈折率 2.2 nm) を堆積させた。ここで使用する反射金属としての金属電極 303 は、その凹凸が 4 nm 以下の導電体である金属や合金であれば Cr / Pt の積層体に限らない。また、IZO の成膜はスパッタ法によったが、電子ビーム蒸着法や抵抗加熱蒸着法等の他の成膜法であってもよい。

【0041】この透明導電膜 304 の上に正孔注入層 305、正孔輸送層 306、発光層 307 を抵抗加熱蒸着法により順次堆積させ、さらに電子輸送層 308 として 8-ヒドロキシキノリンの Al 錯体 ( $\text{Alq}_3$ ) を 20 nm 積層している。

【0042】電子注入層と上部透明電極の積層部 309 は、電子注入層として LiF を 0.5 nm 堆積させた後、上部透明電極に 1 nm の Al と 220 nm の IZO を堆積させ、最後に、保護膜として SiON を 300 nm 堆積させて構成されている。

【0043】この構成の有機 EL 素子の光学距離は、陽極の下部電極である IZO の透明導電膜 304 と正孔注入層 305 と正孔輸送層 306 と金属電極 303 を構成する Pt 膜の間で調整した。色変換方式バックライトの光の波長は 470 nm で、正孔注入層 305 を 80 nm、正孔輸送層 306 を 20 nm 堆積させたので、有機物の屈折率を 1.85 とし、式 (3) の干渉条件から IZO 膜厚を 183 nm とした。さらに下部電極を構成する透明導電膜 304 である IZO 膜には 0.6 % の Cu を添加して青色に着色した。

【0044】こうして素子形成した基板 301 上に保護層 316 を設け、予め RGB の色変換フィルタ 311、312、313 を作製してある基板 310 とを互いにむかい合わせて、その空隙にゲル体 314 を充填した状態

で素子外周部に外周封止剤 315 で封止してパネルを完成させた。ここで、色変換フィルタとは、カラーフィルタ又は/及び蛍光フィルタを設けたフィルタである。

【0045】本実施例に示した構成のパネルの特性を従来の構成のパネルの特性と比較した結果、外部取り出し効率を 2.0 % から 3.0 % 向上させることができ、同輝度で流す電流を 2/3 に低減することが可能になった。さらに、コントラスト比は、1000 Lx 下、100 cd/m<sup>2</sup> で、200 : 1 を得た。また、同様の比較実験をモノクロパネルやエリアカラーで実行したところ同様な結果が得られた。

【0046】〔実施例 2〕透明導電膜材料として  $\text{In}_2\text{O}_3$  - ZnO の代わりに膜厚 201 nm の  $\text{In}_2\text{O}_3$  - SnO<sub>2</sub> (ITO) (屈折率 2.0) を用いて実施例 1 と同様の比較を行なった場合でも、実施例 1 と同様な効果が得られた。この ITO 膜は、スパッタ法、蒸着法、CVD 法などの方法により成膜が可能である。また、透明導電膜材料を ZnO または SnO<sub>2</sub> として光学距離を合わせた場合にも同様の結果が得られた。

【0047】〔発明の効果〕以上説明したように、本発明によれば、有機 EL 素子の金属電極の発光層側の面に透明導電膜を設けこの透明導電膜の膜厚を調整して金属電極で反射される光が素子内で干渉して強め合うこととしたので輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能となり、更に、金属電極と透明導電膜で特定の波長の光を吸収させることとしたのでコントラストが改善され、これにより、輝度の劣化を伴うことなく外部量子効率を向上させることが可能で、かつ、コントラスト改善可能な有機 EL 素子およびこれを用いた有機 EL パネルを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の有機 EL 素子の構成例を説明するための図である。

【図 2】本発明の有機 EL 素子の第 2 の構成例を説明するための図である。

【図 3】本発明の有機 EL 素子を用いて構成した色変換方式カラーパネルの断面図である。

【図 4】従来の有機 EL 素子の構造を説明するための図である。

【符号の説明】

11、21、41 透明電極  
12、22、42、306 正孔輸送層  
13、23、43、305 正孔注入層  
14、24、44、307 発光層  
15、25、45、308 電子輸送層  
16、26、46 電子注入層  
17、27、304 透明導電膜  
18、28、47、303 金属電極  
29、301、310 基板

302 TFT

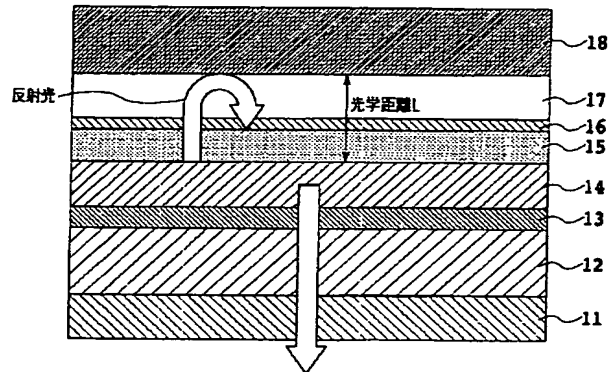
309 積層部

311、312、313 色変換フィルタ

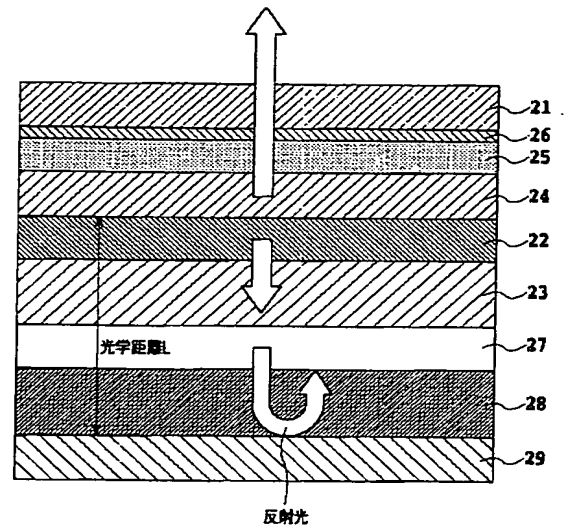
314 ゲル体

315 外周封止剤

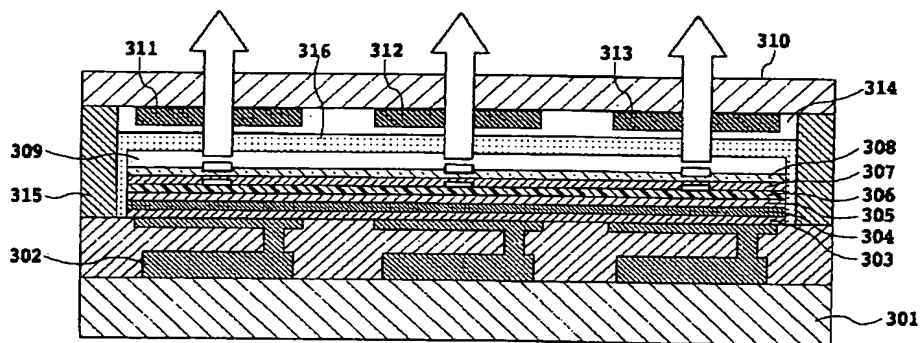
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

